

**METHOD FOR ANALYZING SOLDIFICATION OF CAST PRODUCT**

Patent Number: JP2001287023  
Publication date: 2001-10-16  
Inventor(s): ONDA YU  
Applicant(s): NISSAN MOTOR CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP2001287023  
Application Number: JP20000107475 20000410  
Priority Number(s):  
IPC Classification: B22D46/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a solidification analyzing method with which the developing position, shape and volume of shrinkage cavity in a cast product can simply and easily be predicted and an examination of the analyzed result can be performed in a short time.

**SOLUTION:** In this method of analyzing solidification of cast product, the solidified time distribution of molten metal in an analyzing model is obtained and the shrinkage cavity developed in the analyzed model and this volume, and a table are obtained based on this solidified time distribution and further, on the basis of the table, the shape of the shrinkage cavity developed in the analyzed model is three-dimensionally displayed on the screen. At this time, a different color is assigned to each shrinkage cavity contained in the table and these shrinkage cavities on the screen are shown with each assigned color.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-287023

(P2001-287023A)

(43)公開日 平成13年10月16日(2001. 10. 16)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 2 D 46/00

識別記号

F I

B 2 2 D 46/00

テマート\*(参考)

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-107475(P2000-107475)

(22)出願日 平成12年4月10日(2000. 4. 10)

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 恩田 祐

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(74)代理人 100059258

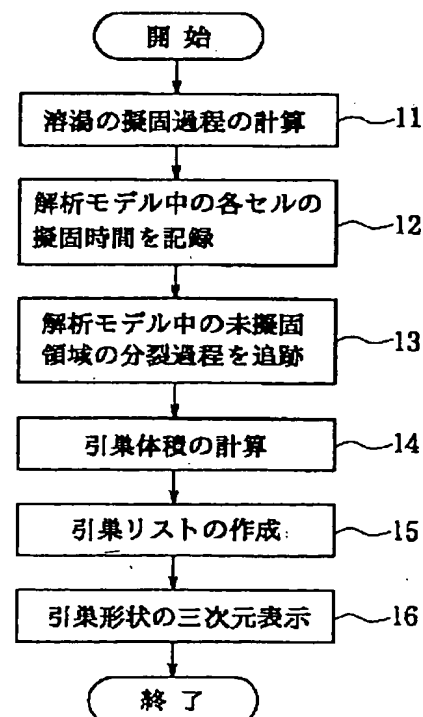
弁理士 杉村 暁秀 (外2名)

(54)【発明の名称】 鋳造品の凝固解析方法

(57)【要約】

【課題】 鋳造品における引け巣の発生位置とその形状および体積を比較的簡易かつ容易に予測することができる、解析結果の検討を短時間で行うことのできる、凝固解析方法を提案する。

【解決手段】 本発明に係る方法においては、解析モデルにおける溶湯の凝固時間分布を求め、この凝固時間分布に基づいて解析モデル中に発生した引巣とその体積およびそれらの一覧表を得て、さらにこの一覧表から、解析モデル中に発生した引巣の形状を画面上に3次元表示する。その際、一覧表に含まれる各引巣に異なる色を割り当て、画面にこれらの引巣を、その割り当てた色で表示する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子計算機による鑄造品の凝固解析方法であって、解析対象となる鑄造品を多数のセルに分割した解析モデルを用いた方法において、前記解析モデルにおける、時間経過に伴う溶湯の凝固過程を計算するステップと、前記計算により得られた、前記各セルの凝固時間を記憶して前記解析モデルにおける凝固時間分布を求めるステップと、前記凝固時間分布より、前記解析モデル内に発生した引巣の位置と体積を求めるステップと、前記引巣の位置と体積の一覧表を求めるステップと、前記引巣の位置と体積の一覧表より、前記解析モデル内に発生した引巣の形状を画面上に3次元表示するステップと、を具える、鑄造品の凝固解析方法。

【請求項2】 請求項1記載の方法において、前記一覧表に含まれる各引巣に、それぞれ異なる画面上での表示色を対応させ、前記解析モデル内に発生した引巣を電子計算機の画面上で3次元表示を行うに際し、各引巣を前記各表示色で表示させることを特徴とする、鑄造品の凝固解析方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子計算機を用いた鑄造品の凝固解析において、発生した引巣とその体積を求め、これを画面上に表示する方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】鑄造により製造した製品に発生する、引巣と呼ばれる凝固欠陥を低減するため、実際の製造に先立ち、電子計算機によりシミュレーション（凝固解析）を行って引巣の発生箇所やその大きさを予測し、その結果を基に製造条件等を決定することが広く行われている。

【0003】こうした凝固解析は、一般に、計算対象となる鑄造品、例えば自動車用エンジンのシリンダブロックなどを多数のセルに分割した解析モデルを作成し、この解析モデルに対して熱伝導方程式などを種々の計算方法を用いて解くことにより、解析が行われている。

【0004】この凝固解析の結果から、凝固仮定を示す等凝固時間線図と、凝固過程中的ある時刻における凝固領域を示す等凝固線図を求め、これらの線図に基づいて引巣の発生箇所や大きさを特定する。しかし、従来の凝固解析においては、溶湯の凝固する過程、すなわち解析モデルを用いて計算を進める過程における固相率分布の値の時間変化を、時間変化毎に記憶しておく必要があることから、これに要する計算機の記憶容量が多大なものとなるという問題がある。また、従来の方法では、凝固の進行に伴い、一つの未凝固領域が複数の領域に分裂していく場合における凝固収縮量の分配、すなわち分裂し

た各領域の体積の計算が考慮されていない、という問題がある。さらに、従来の方法では、得られた結果を基に引け巣の発生位置や大きさを検討するのに時間がかかるという問題もある。また、固相率分布の値の時間変化を、時間変化毎に記憶することなく、凝固解析計算の実行中に引け巣の発生箇所やその大きさを予測することも可能であるが、解析計算の実行時間が著しく増大するため実用的ではない。したがって、従来の凝固解析においては、こうした等凝固時間線図や等凝固線図から、最終的な引巣の位置や大きさを精度良く、かつ短時間で求めることは困難であった。

【0005】こうしたことから、本願発明者は、特開平11-314152号において、解析モデルの凝固時間分布を求め、この凝固時間分布に基づいて、凝固の進行に伴う未凝固領域の分裂仮定を追跡し、分裂した各領域の凝固収縮量を求めることにより、引巣の発生位置と体積を比較的簡易かつ容易に得ることのできる凝固解析方法を提案している。しかしながら、凝固解析に基づいて引巣の発生を予測するには、解析モデル中における引巣の形状や位置を、例えば電子計算機の画面上でより正確に把握できることが望ましい。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、かかる事情に鑑み、鑄造品における引け巣の発生位置とその形状および体積を比較的簡易かつ容易に予測することができ、解析結果の検討を短時間で行うことのできる、凝固解析方法を提案するものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明は、電子計算機による鑄造品の凝固解析方法であって、解析対象となる鑄造品を多数のセルに分割した解析モデルを用いた方法において、前記解析モデルにおける、時間経過に伴う溶湯の凝固過程を計算するステップと、前記計算により得られた、前記各セルの凝固時間を記憶して前記解析モデルにおける凝固時間分布を求めるステップと、前記凝固時間分布より、前記解析モデル内に発生した引巣の位置と体積を求めるステップと、前記引巣の位置と体積の一覧表を求めるステップと、前記引巣の位置と体積の一覧表より、前記解析モデル内に発生した引巣の形状を画面上に3次元表示するステップと、を具えるものである。

【0008】すなわち、本発明に係る方法においては、解析モデルにおける溶湯の凝固時間分布を求め、この凝固時間分布に基づいて解析モデル中に発生した引巣とその体積およびそれらの一覧表を得て、さらにこの一覧表から、解析モデル中に発生した引巣の形状を画面上に3次元表示する。それによって、製品における引巣の発生状況を容易に把握・予測することが可能となり、鑄造条件の検討、特に引巣対策を検討を短時間で、かつ的確に行うことができるようになる。

【0009】本発明に係る方法の好適な実施形態においては、前記一覧表に含まれる各引巢に、それぞれ異なる画面上での表示色を対応させ、前記解析モデル内に発生した引巢を電子計算機の画面上で3次元表示を行うに際し、各引巢を前記各表示色で表示させることを特徴とする。それによって、解析モデル中に発生した引巢の位置や形状を容易に把握することが可能となり、引巢の位置や大きさ等の予測が短時間でできるようになる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について説明する。

【0011】図1は、本発明による凝固解析の手順を概略示すフローチャートである。以下、その手順を説明する。まず、ステップ11で、解析対象となるモデルについて、溶湯の凝固過程の計算を行う。この計算には、従来の方法、例えば差分法を用いて熱伝導方程式などを解くことにより行う。続くステップ12で、先の計算結果より、解析モデルの凝固時間分布、すなわち解析モデル中の各セルの凝固時間を記録する。ステップ13では、先に得られた凝固時間分布を用いて、解析モデルにおける未凝固領域の分裂過程、すなわち、時間経過に伴う、未凝固部分の分裂と凝固の過程を調べる。そしてステップ14で、引巢体積の計算を行う。

【0012】その後、ステップ15で、それまでのステップで得られた全ての引巢の位置（座標）および体積を一覧表の形式にまとめた引巢リストを作成する。そして、ステップ16において、引巢リストに含まれる全ての引巢の位置および形状を求め、その結果を画面上に解析モデルと共に三次元表示する。なお、ステップ11～14は、既に本願発明者により特開平11-314152号において開示されているので、詳細な説明は省略する。

【0013】図2は、本発明による凝固解析における、解析モデル中の引巢の位置と形状を求め、画面上に表示する手順を示すフローチャートである。以下、その手順を説明する。まず、ステップ21で、予め熱伝導方程式等の計算により求めた、対称とする解析モデルに関するデータ、すなわち解析モデルの分割数や、分割により形成された計算セルの大きさ、および各セルにおける凝固時間のデータを読み込む。続くステップ22では、前述した図1のフローチャートのステップ15にて求めた引巢リストのデータを読み込む。次のステップ23では、引巢リストのデータに基づいて、後の各ステップでの計算によって、引巢形状をリスト中の各引巢に対して求めるための、引巢リスト中の各引巢に対応した引巢インデックスを設定すると共に引巢体積を定義する。

【0014】続くステップ24では、引巢の形状を求めるべく、凝固時間の等しいセルを求めるための探索時間の区間設定を行う。ここでは、計算に用いる変数 $t_s$ 、 $t_e$ の初期値として、それぞれ $t_s = F[I[i]] [J[i]] [K[i]]$ 、すなわち引巢インデックスの $i$ 番目（すなわち引巢リストの

$i$ 番目に対応する）の引巢の凝固時間および、 $t_e = 0$ とする。なお、以下の手順においては、いわゆる二分法を用いている。ステップ25では、探索時間 $t$ を変数 $t_s$ 、 $t_e$ の平均値として設定する。次のステップ26では、引巢位置と連続しており、かつ凝固時間が $t$ 以上のセルを調べ、その数 $N$ を求める。すなわち、引巢インデックスの $i$ 番目、すなわち引巢リストの $i$ 番目のセルの周囲に存在する、等しい凝固時間を有するセルを求めることとなる。

【0015】ステップ27では、ステップ26で求めた、等しい凝固時間を有するセル数 $N$ と各セルの体積 $dv$ との積を計算し、その値を $V[i]$ 、すなわち引巢リストの $i$ 番目の引巢の体積と比較する。ここで、 $Ndv$ が $V[i]$ よりも大きければ、ステップ28で $t$ を新たな $t_e$ の値とし、探索範囲を絞り込む。逆に $Ndv$ が $V[i]$ よりも小さければ、ステップ29で $t$ を新たな $t_s$ の値とし、探索範囲を広げる。その後ステップ30で $t_e$ と $t_s$ との差の絶対値を求め、その値が予め定めた極小値 $eps$ よりも大きければ、引巢インデックス $i$ における探索が終了したと判断し、求めた $N$ 個のセルを、引巢インデックス $i$ （すなわち引巢リストの $i$ 番目の引巢）に含まれるセルとする。一方 $t_e$ と $t_s$ との差の絶対値が $eps$ よりも大きければ、探索時間をさらに絞り込んで計算を行うためにステップ25へ戻る。

【0016】その後ステップ32で、引巢インデックス $i$ を一つ増やし、続くステップ33で $i$ を引巢数 $CT$ と比較する。ここで、 $i$ が $CT$ と等しければ、引巢リストに掲載されている全ての引巢について計算が終了したと判断し、次のステップ34で画面上に引巢形状を表示する。逆に $i$ が $CT$ に等しくなければ、全ての引巢について計算が終了していないと判断し、ステップ24へ戻る。

【0017】次に、本発明による方法を用いた解析の具体例について説明する。

【0018】図3は、解析モデルの一例を示すものである。図示の解析モデル100は二つの角柱を連結したような形状を有し、二箇所の中空部101、102を有する。図4は、この解析モデル100の凝固解析を行った結果得られた等凝固時間線図を示すものであり、ここでは解析モデルの任意の横断面について示している。本発明に係る凝固解析方法においては、この等凝固時間線図により表される、解析モデルにおける凝固時間分布を元に、引巢の発生位置およびその大きさ（体積）を求めることとしている。

【0019】次に図5は、解析モデル100の凝固解析において生じた引巢とその形状を、電子計算機の画面に表示した場合を示すものである。図示のように、解析モデル100には符号C1～C7で示す引巢が発生していることが判る。

【0020】ここで、図5に示す各引巢は、前述したように通し番号（引巢インデックス）を付されて、位置および大きさの情報がリスト化（引巢リスト）されており、同時に、各引巢についてはそれぞれ異なる色およ

び、その色に対応した番号が付されている。この色番号は前述した引巢リストにおける引巢インデックスを用いることができる。すなわち、引巢インデックスの数字に異なる色を対応させれば良い。なお、ここでは、C1～C7の各引巢には、1～7までのインデックスがそれぞれ付されているものとする。

【0021】次に、図5に示すような解析結果を図形表示した画面で、作業者が特定の引巢を指定し、その形状等を知る場合を考える。作業者は、印刷された引巢リストを見て、または画面上で、解析結果を図形表示したウィンドウと並べた引巢リストを表示したウィンドウを見て、特定の引巢を指定する。引巢の指定に際しては、キーボードやマウスなどの種々の入力装置を用いて、指定する引巢のインデックスを入力する。

【0022】図5に示す例では、作業者がインデックスの番号が6、すなわち符号C6で示す引巢を指定している。それにより、図5の円で囲んだ部分Aで示す引巢C6が、これに対応した色で表示される。また、引巢C6（インデックス番号6）が指定されていることが、同様に円で囲んだ部分Bに表示される。

【0023】なお、この場合、指定した引巢（ここではC6）を、対応した色で表示するとだけでなく、図5に示すように円で囲んで表示しても良い。また他の引巢C1～C5およびC7についても、それぞれに割り当てられた色で表示しても良く、または同じ色（例えば白または黒）で

表示しても良い。あるいは、作業者が指定した引巢のみを表示し、それ以外の他の引巢を表示しないこととしても良い。

【0024】以上説明したように、本発明によれば、引巢体積の計算が容易となり、計算結果を記憶する容量を低減化させることもできる。その結果、鋳造における引け巢の発生位置とその体積を比較的簡易かつ容易に予測することができ、解析結果の検討を短時間で行うことができる。また、引け巢の発生位置を、その発生を避けるべき部位と関連付けて予測を行うことも可能である。さらに、引け巢体積の計算精度の向上をも図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による凝固解析の手順を概略示すフローチャートである。

【図2】 本発明による凝固解析における、引け巢形状を求める手順を示すフローチャートである。

【図3】 解析モデルの一例を示す斜視図である。

【図4】 図3の解析モデルを用いた凝固解析における等凝固時間線図である。

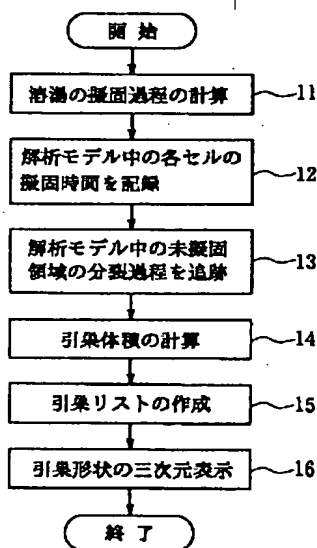
【図5】 解析結果を三次元表示した画面を示す図である。

#### 【符号の説明】

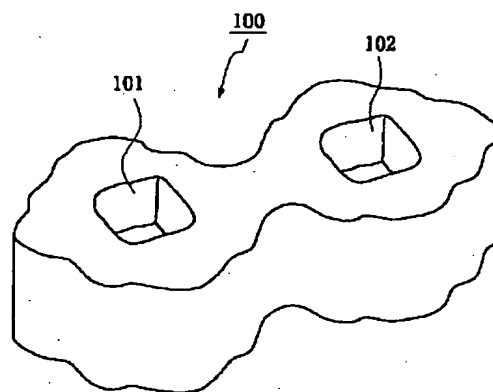
100 解析モデル

101, 102 中空部

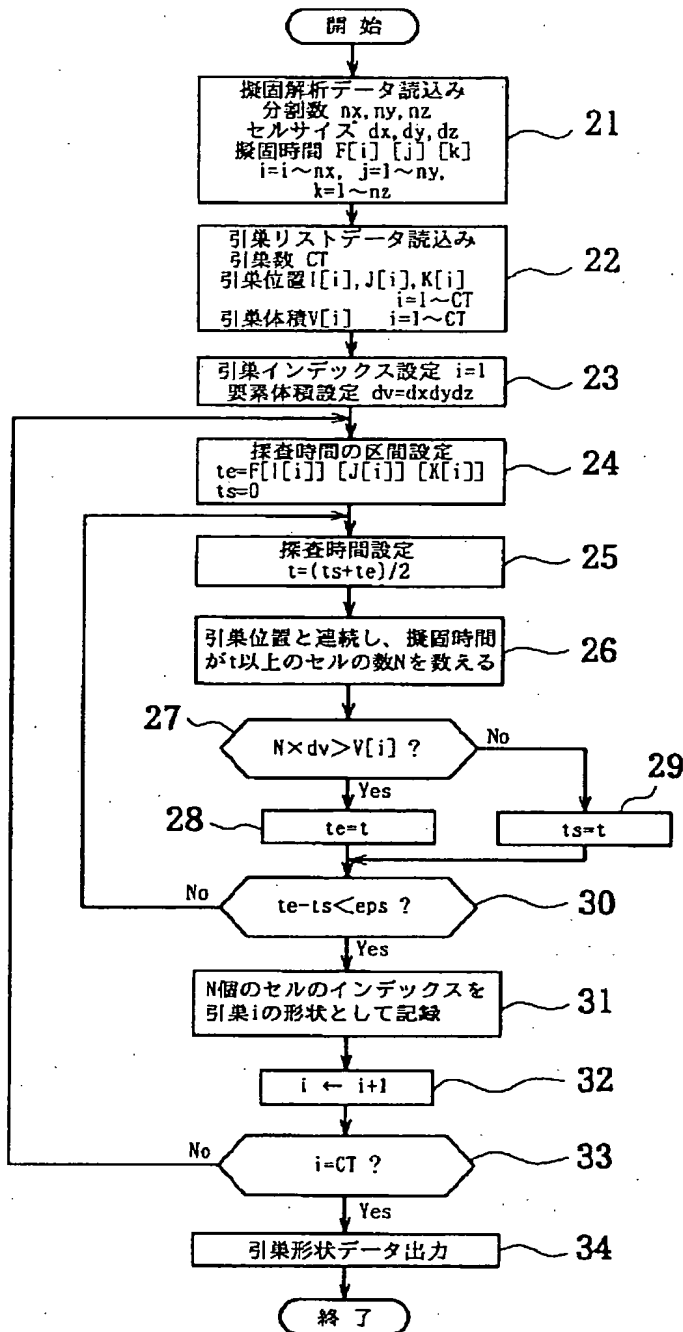
【図1】



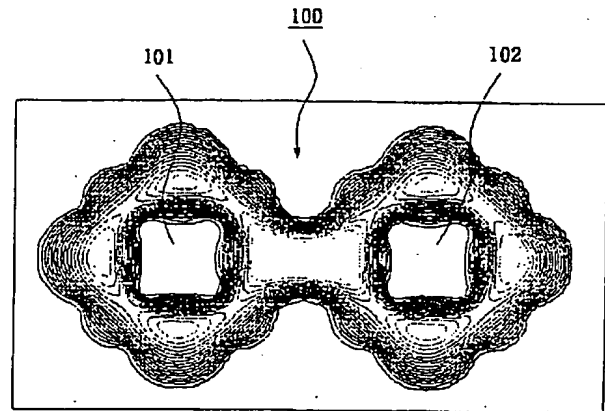
【図3】



【図2】



【図4】



【図5】

